



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application No. : 10/686,810 Confirmation No. : 8785
Applicant : MICHAEL-RAINER BUSCH, et al.
Filed : October 17, 2003
TC/A.U. : 2855
Examiner :
Docket No. : 095309.52838US
Customer No. : 23911
Title : DEVICE AND METHOD FOR DETERMINING THE
STATE OF AGEING OF AN EXHAUST-GAS CATALYTIC
CONVERTER

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 102 48 842.8,
filed in Germany on October 19, 2002, is hereby requested and the right of
priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original
foreign application.

Respectfully submitted,

March 19, 2004

Donald D. Evenson
Registration No. 26,160
Mark H. Neblett
Registration No. 42,028

CROWELL & MORING LLP
Intellectual Property Group
P.O. Box 14300
Washington, DC 20044-4300
Telephone No.: (202) 624-2500
Facsimile No.: (202) 628-8844



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 48 842.8

Anmeldetag: 19. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des
Alterungszustands eines Abgaskatalysators

IPC: G 01 N und F 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 6. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Scholz'.

Scholz

DaimlerChrysler AG

Boegner

14.10.2002

Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des
Alterungszustands eines Abgaskatalysators

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung des Alterungszustands eines Abgaskatalysators mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren hierfür mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 6.
- 10 In der deutschen Patentschrift DE 41 12 479 C2 ist ein Verfahren beschrieben, bei welchem der Alterungszustand eines Abgaskatalysators mit Hilfe eines an ein elektronisches Steuergerät angeschlossenen Sauerstoffsensors bestimmt wird. Der Sensor weist einen sauerstoffsensitiven Bereich zur
- 15 Messung des Sauerstoffpartialdrucks im Abgas auf. Mittels dieser Messgröße wird vom Steuergerät der Alterungszustand des Katalysators ermittelt.
- Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Vorrichtung
- 20 und ein Verfahren anzugeben, mit welchen eine zuverlässige und apparativ einfache Bestimmung des Alterungszustands eines Abgaskatalysators ermöglicht wird.
- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit
- 25 den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass der Sauerstoffsensor einen temperatursensitiven Bereich

aufweist und vom Steuergerät derart ansteuerbar ist, dass eine Temperaturmessung und alternativ hierzu die Sauerstoffpartialdruckmessung durchführbar ist. Der temperatursensitive Bereich ist dabei wenigstens teilweise in Kontakt mit dem Abgas. Über die Temperaturmessung kann die Stärke der durch den Katalysator bewirkten Freisetzung von Reaktionswärme ermittelt werden. Ferner kann vom Sensor über den sauerstoffsensitiven Bereich die durch den Katalysator bewirkte Änderung des Sauerstoffgehalts im Abgas ermittelt werden. Die Ermittlung der beiden Messgrößen, Temperatur bzw. Sauerstoffgehalt ist alternativ durchführbar. Vorzugsweise wird die Temperaturmessung bei einem Warmlauf der Brennkraftmaschine und die Sauerstoffpartialdruckmessung bei warmgelaufener Brennkraftmaschine vorgenommen. Die beiden Messgrößen sind kennzeichnend für verschiedene Leistungsmerkmale des Katalysators, so dass dessen Leistungsvermögen und Alterungszustand umfassend beurteilt werden kann. Im Hinblick auf die Ermittlung des Alterungszustands des Katalysators dient die Temperaturmessung vorzugsweise der Ermittlung der Anspringtemperatur des Katalysators. Unter der Anspringtemperatur wird hier wie üblich der Temperaturwert verstanden, bei welcher der Katalysator eine nennenswerte katalytische Wirkung, beispielsweise einen 50-prozentigen Umsatz, erreicht. Erwünscht ist meist eine niedrige Anspringtemperatur, die sich jedoch im Verlaufe der Einsatzzeit des Katalysators durch Alterung erhöhen kann. Die Messung des Sauerstoffpartialdrucks dient vorzugsweise der Ermittlung der Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators. Die Sauerstoffspeicherfähigkeit unterliegt ebenfalls einer Alterung. Da die Erfindung sowohl die Ermittlung der Anspringtemperatur als auch die Ermittlung der Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators erlaubt, kann der Alterungszustand des Katalysators umfassend und zuverlässig bestimmt werden. Die Messung des Sauerstoffpartialdrucks dient weiterhin der Regelung des

Luft-/Kraftstoffverhältnisses (λ) des der Brennkraftmaschine zugeführten Luft-Kraftstoffgemischs. Somit erfüllt der Sauerstoffsensor eine Doppelfunktion, wodurch die Vorrichtung konstruktiv einfach gestaltet werden kann.

5

In Ausgestaltung der Erfindung ist der temperatursensitive Bereich des Sauerstoffsensors durch dessen sauerstoffsensitiven Bereich gebildet und ist insbesondere als Feststoffelektrolyt ausgebildet. Mit dieser Ausgestaltung kann die Erfindung durch einen elektrochemischen Sensor verwirklicht werden. Der Feststoffelektrolyt dient einerseits der Temperaturmessung und andererseits alternativ zur Messung des Sauerstoff-partialdrucks im Abgas, wobei für beide Aufgaben dasselbe Sensorteil verwendet wird. Vorzugsweise wird zur Temperaturmessung die elektrische Leitfähigkeit des Feststoffelektrolyts, und zur Messung des Sauerstoffpartialdrucks die elektromotorische Kraft der Nernstspannung des Feststoffelektrolyts ausgewertet. Durch diese Doppelfunktion des Feststoffelektrolyts bzw. des sauerstoffsensitiven Bereichs kann auf zusätzliche Sensorbestandteile verzichtet werden, und es wird eine einfache Konstruktion des Sensors erreicht.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist der temperatursensitive Bereich des Sauerstoffsensors als Heizleiterstruktur ausgebildet. Somit wird die ohnehin meist bei einem Sauerstoffsensor vorhandene Heizleiterstruktur in vorteilhafter Weise zur Temperaturmessung herangezogen. Vorzugsweise wird deren elektrische Leitfähigkeit zur Temperaturmessung herangezogen. Zu diesem Zweck kann für die Heizleiterstruktur ein Material verwendet werden, welches einen vergleichsweise großen Temperaturkoeffizient der elektrischen Leitfähigkeit aufweist, wodurch ein großer Messeffekt erzielt wird. Mit dieser Ausgestaltung der Erfindung kann ebenfalls auf zusätz-

liche Sensorbestandteile verzichtet werden und es wird ebenfalls eine einfache Konstruktion des Sensors erreicht.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist in der Abgas-
5 leitung ein Temperaturfühler vorgesehen, wobei der Temperaturfühler und der Sauerstoffsensor in der Abgasleitung derart angeordnet sind, dass sich zwischen dem Sauerstoffsensor und dem Temperaturfühler wenigstens ein Teilbereich des Abgaskatalysators befindet. Dadurch wird die Messung
10 einer lokalen Temperaturdifferenz ermöglicht, wodurch die Größe der durch exotherme Reaktionen im Katalysatorbereich hervorgerufenen Wärmefreisetzung besonders zuverlässig ermittelt werden kann. Folglich kann auch die Anspringtemperatur des Katalysators, bzw. deren alterungsbedingte
15 Verschlechterung, besonders zuverlässig ermittelt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist der Sauerstoffsensor in dem Abgaskatalysator oder stromab des Abgaskatalysators in der Abgasleitung angeordnet, und strom-
20 auf des Abgaskatalysators ist ein zweiter Sauerstoffsensor in der Abgasleitung angeordnet. Dadurch wird die Messung einer lokalen Differenz des Sauerstoffpartialdrucks im Abgas ermöglicht, wodurch die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators, bzw. deren alterungsbedingte Verschlechterung
25 zuverlässig ermittelt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass bei einem Warmlauf der Brennkraftmaschine die elektrische Leitfähigkeit einer Leiterstruktur des Sauerstoffsensors gemessen wird, und daraus eine erste Abgastemperatur
30 ermittelt wird, und die erste Abgastemperatur mit einer zweiten Abgastemperatur verglichen wird. Zur Ermittlung der ersten Abgastemperatur dient vorzugsweise ein für die Messung des Sauerstoffpartialdrucks relevanter Bestandteil des

Sensors. Durch die mittels dieses Sensorbestandteils durchgeführte Abgastemperaturmessung und den Vergleich mit einer zweiten Abgastemperatur kann die Anspringtemperatur des Katalysators ermittelt werden. Die zweite Abgastemperatur ist
5 daher vorzugsweise eine Temperatur, welche die Temperaturerhöhung des Abgases infolge des Anspringens des Katalysators berücksichtigt. Da die Anspringtemperatur ein wichtiges Leistungsmerkmal des Katalysators darstellt, kann dessen Alterungszustand im Hinblick auf seine Fähigkeit, eine
10 Reaktion frühzeitig zu katalysieren, ermittelt werden. Der durch die Anspringtemperatur charakterisierte Alterungszustand des Katalysators kann beispielsweise durch einen Alterungskennwert ausgedrückt werden. Vorzugsweise wird nach erfolgtem Warmlauf der Brennkraftmaschine oder nachdem die
15 Anspringtemperatur des Katalysators ermittelt wurde, der Sauerstoffsensor zur Messung des Sauerstoffpartialdrucks des Brennkraftmaschinenabgases eingesetzt. Über diese Messung kann dann eine λ -Regelung für den normalen Betrieb der Brennkraftmaschine erfolgen.

20

In Ausgestaltung des Verfahrens wird zur Ermittlung der ersten Abgastemperatur die elektrische Leitfähigkeit eines zur Messung des Sauerstoffpartialdrucks eingesetzten Feststoffelektrolyten des Sauerstoffsensors gemessen. Dadurch
25 wird in vorteilhafter Weise der sensitive Bereich des Sauerstoffsensor zweifach genutzt.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird zur Ermittlung der ersten Abgastemperatur die elektrische Leitfähigkeit
30 einer Heizleiterstruktur des Sauerstoffsensors gemessen. Da für die Funktion der Sauerstoffpartialdruckmessung eine Heizung des Sauerstoffsensors erforderlich ist, ist der Sauerstoffsensor im allgemeinen mit einer Heizleiterstruktur versehen. Dieses Bauteil des Sauerstoffsensors wird in

vorteilhafter Weise zweifach genutzt. Vorzugsweise erfolgt die Temperaturermittlung über die Leitfähigkeitsmessung der Heizleiterstruktur bei einem Warmlauf der Brennkraftmaschine. Nach erfolgtem Warmlauf, bzw. nachdem über die Temperatur-
5 ermittlung ein Anspringen des Katalysators festgestellt wurde, wird der Betrieb des Sauerstoffsensors auf Sauerstoffpartialdruckmessung umgeschaltet.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die zweite
10 Abgastemperatur mit einem in der Abgasleitung angeordneten Temperaturfühler gemessen. Mit einer geeigneten Anordnung von Sauerstoffsensor und Temperaturfühler kann eine durch ein Anspringen des Katalysators bewirkte Abgastemperaturerhöhung festgestellt und ermittelt werden. Es kann daher ebenfalls
15 festgestellt werden, ob das Anspringen des Katalysators alterungsbedingt verspätet auftritt und die Stärke der Katalysatoralterung im Hinblick auf die Anspringtemperatur bewertet werden.

20 In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die zweite Abgastemperatur mit einem zweiten Sauerstoffsensor gemessen. Hierzu wird der zweite Sauerstoffsensor wie oben beschrieben angesteuert und über die Messung der Leitfähigkeit seines sauerstoffsensitiven Bereiches oder seiner Heizleiterstruktur
25 die zweite Abgastemperatur gemessen. Vorzugsweise wird der zweite Sauerstoffsensor stromauf des Abgaskatalysators in der Abgasleitung angeordnet und der andere Sauerstoffsensor im Katalysator oder stromab des Katalysators in der Abgasleitung angeordnet. Nachdem das Anspringen des Katalysators
30 festgestellt wurde, werden die Sauerstoffsensoren zur Messung des Sauerstoffpartialdruckes eingesetzt und es kann mit ihnen beispielsweise eine λ -Regelung vorgenommen werden.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die zweite Abgastemperatur durch Modellierung ermittelt. Beispielsweise können durch Vergleichsmessungen mit ungealtertem Katalysator Erwartungswerte für eine Abgastemperatur an der Stelle des Sauerstoffsensors in einem Steuergerät abgelegt werden. Dabei kann der Betriebspunkt der Brennkraftmaschine mit berücksichtigt werden. Durch Vergleich mit der über den Sauerstoffsensor ermittelten ersten Abgastemperatur kann auf die Anspringtemperatur bzw. den Alterungszustand des Katalysators geschlossen werden.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird aus dem Vergleich von erster Abgastemperatur und zweiter Abgastemperatur eine Anspringtemperatur des Katalysators ermittelt, und aus der Messung des Sauerstoffpartialdrucks wird eine Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators ermittelt und aus der Anspringtemperatur und der Sauerstoffspeicherfähigkeit wird der Alterungszustand des Katalysators ermittelt. Beispielsweise kann der durch die Anspringtemperatur charakterisierte Alterungszustand des Katalysators durch einen ersten Alterungskennwert ausgedrückt werden und der durch die Sauerstoffspeicherfähigkeit charakterisierte Alterungszustand des Katalysators kann durch einen zweiten Alterungskennwert ausgedrückt werden. Die Alterungskennwerte können dann abgeglichen oder miteinander verglichen werden und somit der Alterungszustand des Katalysators zuverlässiger und umfassender bewertet werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen und zugehörigen Beispielen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein schematisch dargestellter Querschnitt eines Sauerstoffsensors,

- Fig. 2 ein schematisches Blockbild einer Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
Fig. 3 ein schematisches Blockbild einer zweiten Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
5 Fig. 4 ein schematisches Blockbild einer dritten Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
Fig. 5 ein schematisches Blockbild einer vierten Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
Fig. 6 ein schematisches Blockbild einer fünften Anordnung
10 von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
Fig. 7 ein schematisches Blockbild einer sechsten Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
Fig. 8 ein schematisches Blockbild einer siebten Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator,
15 Fig. 9 ein schematisches Blockbild einer achten Anordnung von Sauerstoffsensor und Abgaskatalysator.

In Fig. 1 ist der Aufbau eines elektrochemischen Sauerstoffsensors 1 schematisch im Querschnitt gezeigt. Der Sauerstoffsensor 1 verfügt über einen sauerstoffsensitiven Bereich 2,
20 der beispielsweise durch einen Zirkondioxid (ZrO_2) enthaltenden Feststoffelektrolyten mit Sauerstoffleitfähigkeit gebildet wird. Der sauerstoffsensitive Bereich 2 weist einerseits eine Phasengrenze zur Abgasseite, andererseits eine
25 Phasengrenze zur Luftseite hin auf. An diesen Phasengrenzen ist eine Abgaselektrode 3 bzw. eine Luftelektrode 4 auf dem Feststoffelektrolyten aufgebracht. Die Elektroden 3, 4 sind gasdurchlässig, so dass ein Kontakt des jeweiligen Gases mit dem Feststoffelektrolyten möglich ist. Der Sauerstoffsensor 1
30 verfügt außerdem über eine Heizleiterstruktur 6, die in einem Isolator 7 eingebettet ist und in thermischem Kontakt mit dem sauerstoffsensitiven Bereich 2 steht. Die zum Betrieb des Sensors 1 notwendigen elektrischen Zuleitungen sowie ein angeschlossenes Steuergerät sind aus Gründen der
35 Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

Zur Messung des Sauerstoffpartialdrucks im Abgas wird der Sensor 1 durch Stromzufuhr zur Heizleiterstruktur 6 auf Betriebstemperatur aufgeheizt. An der Abgaselektrode 3 können
5 Oxidations- oder Reduktionsreaktionen auftreten, die zur Einstellung eines thermodynamischen Gleichgewichts hinsichtlich des Sauerstoffpartialdrucks führen. Durch eine edelmetallhaltige Ausführung der Abgaselektrode 3 kann dieser Vorgang katalytisch unterstützt werden. Unterschiede des
10 Sauerstoffpartialdrucks an der Abgasseite zum bekannten Sauerstoffpartialdruck auf der Luftseite äußern sich im Auftreten einer an den Elektroden 3, 4 abgreifbaren Nernst-Spannung. Der Sauerstoffsensor 1 kann hierbei im elektrotechnischen Sinn als aktives Bauelement betrachtet werden.
15 Die Nernst-Spannung wird durch das angeschlossene Steuergerät ermittelt und ausgewertet, wodurch der Sauerstoffpartialdruck im Abgas gemessen wird.

Diese an sich bekannte Funktion des elektrochemischen Sauerstoffsensors 1 wird nun erfindungsgemäß durch die
20 Funktion einer Temperaturmessung ergänzt. Zur Ausführung dieser Funktion bleibt die Beheizung ausgeschaltet und es wird eine Prüfspannung an die Elektroden 3, 4 angelegt und die Größe des über den Feststoffelektrolyten fließenden
25 Stroms gemessen. Daraus wird die elektrische Leitfähigkeit des sauerstoffsensitiven Bereichs 2 ermittelt. Der Sauerstoffsensor 1 kann hierbei im elektrotechnischen Sinn als passives Bauelement betrachtet werden. Die elektrische Leitfähigkeit des Feststoffelektrolyten besitzt eine
30 materialspezifische Temperaturabhängigkeit, welche dem angeschlossenen Steuergerät zur Auswertung zur Verfügung steht. Über den Wert der elektrischen Leitfähigkeit kann daher im Steuergerät auf einfache Weise die Temperatur des Feststoffelektrolyten ermittelt werden. Der sauerstoff-
35 sensitive Bereich 2 des Sauerstoffsensors 1 dient somit bei dieser Sensorfunktion als temperatursensitiver Bereich. Da der Sauerstoffsensor in Kontakt mit dem Abgas steht, nimmt

der Feststoffelektrolyt des Sensors 1 annähernd Abgas-
temperatur an, weshalb aus der Temperatur des Feststoff-
elektrolyten auch die Abgastemperatur ermittelt werden kann.
Vorhandene Temperaturverluste an der Phasengrenze und im
5 temperatursensitiven Bereich 2 können durch eine
diesbezügliche Sensorkalibrierung vorab berücksichtigt
werden. Vorzugsweise liegt im Steuergerät eine Kennlinie vor,
die den Zusammenhang zwischen elektrischer Leitfähigkeit des
temperatursensitiven Bereichs 2 und Abgastemperatur
10 beschreibt und die vom Steuergerät ausgewertet wird.

Die Heizleiterstruktur 6 kann in analoger Weise ebenfalls als
temperatursensitiver Bereich dienen und zur Ermittlung der
Abgastemperatur eingesetzt werden. Hierzu wird an die
15 Anschlüsse der Heizleiterstruktur 6 ebenfalls eine Prüf-
spannung gelegt und der Stromfluss gemessen. Aus der Größe
der Prüfspannung und der Größe des Stromflusses wird die
elektrische Leitfähigkeit der Heizleiterstruktur 6 bestimmt.
Die Bestimmung der Abgastemperatur erfolgt dann analog zur
20 oben beschriebenen Vorgehensweise.

Vorteilhaft ist es insbesondere, die Abgastemperatur sowohl
über die elektrische Leitfähigkeit des Feststoffelektrolyten
als auch über die elektrische Leitfähigkeit der
25 Heizleiterstruktur 6 zu ermitteln. Der Feststoffelektrolyt
und die Heizleiterstruktur 6 bilden in diesem Betriebsmodus
des Sauerstoffsensors 1 jeweils einen temperatursensitiven
Bereich. Es werden daher zwei Messwerte für die
Abgastemperatur erhalten, die miteinander verglichen, bzw.
30 abgeglichen werden können. Auf diese Weise wird die
Genauigkeit der Temperaturermittlung des Abgases gesteigert.
Eine weitere Verbesserung der Genauigkeit ist über eine
Berücksichtigung der Lufttemperatur möglich. Hierzu wird
diese beispielsweise durch einen nicht dargestellten
35 Temperatursensor ermittelt und zur Korrektur bei der
Ermittlung der Abgastemperatur verwendet.

Im Folgenden werden verschiedene Anordnungen eines Abgaskatalysators und eines Sauerstoffsensors erläutert, mit denen der Alterungszustand des Abgaskatalysators ermittelt werden kann.

5

Fig. 2 zeigt einen katalytischen Konverter 20, welcher in einer Abgasleitung einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine, vorzugsweise brennkraftmaschinennah, angeordnet ist. Im katalytischen Konverter 20 ist ein Abgaskatalysator 21 mit Sauerstoffspeicherfähigkeit, wie beispielsweise ein Drei-Wege-Katalysator oder ein Oxidationskatalysator, vorgesehen. Die Strömungsrichtung des Abgases ist durch Pfeile gekennzeichnet. Einlassseitig bzw. auslassseitig des Abgaskatalysators 21 ist jeweils ein Sauerstoffsensor 22 bzw. 23 in der Abgasleitung angeordnet. Die Sensoren 22, 23 sind über Steuerleitungen 26 an ein Steuergerät 25 angeschlossen. Der Sauerstoffsensor 23 ist dabei wie bei Fig. 1 beschrieben ausgeführt und kann sowohl für die Ermittlung des Sauerstoffpartialdrucks im Abgas, als auch zur Ermittlung der Abgastemperatur wie beschrieben vom Steuergerät 25 angesteuert und betrieben werden. Der Sauerstoffsensor 22 kann beliebig ausgeführt sein.

Zur Ermittlung des Alterungszustand des Katalysators 21 werden dessen Anspringtontemperatur und dessen Sauerstoffspeicherfähigkeit wie im Folgenden beschrieben ermittelt.

Nach dem Start der Brennkraftmaschine wird der Sauerstoffsensor 23, wie oben beschrieben, in einem ersten Modus zur Temperaturmessung betrieben. Die solcherart stromab des Katalysators ermittelte erste Abgastemperatur wird vom Steuergerät 25 mit einer an der Stelle des Sauerstoffsensors 23 zu erwartenden zweiten Abgastemperatur verglichen. Die zu erwartende zweite Abgastemperatur ergibt sich in diesem Fall aus einem Rechenmodell oder aus Kennfeldern, die dem Steuergerät 25 zur Verfügung stehen. Dabei wird vorteilhafterweise von einer auf der Basis der Betriebsparameter

der Brennkraftmaschine modellierten Abgastemperatur eingangsseitig des Katalysators 21 ausgegangen. Im Modell oder in den Kennfeldern ist weiter berücksichtigt, dass durch ein Anspringen des ungealterten Katalysators 21 ein zusätzlicher Wärmeeintrag in das Abgas zu einem vorherbestimmbaren Zeitpunkt erfolgt. Bleibt die mittels des Sauerstoffsensors ermittelte erste Abgastemperatur hinter der modellierten zweiten Abgastemperatur größenmäßig und/oder zeitlich zurück, so ist dies auf eine alterungsbedingt erhöhte Anspringtemperatur zurückzuführen. Folglich kann durch den Vergleich von der mittels des Sauerstoffsensors 23 ermittelten ersten Abgastemperatur mit der modellierten zweiten Abgastemperatur der Alterungszustand des Katalysators 21 hinsichtlich seiner Anspringtemperatur bewertet werden. Bei entsprechend großer Verschlechterung der Anspringtemperatur kann vom Steuergerät 25 ein Signal ausgegeben werden, welches auf die verstärkte Katalysatoralterung hinweist.

Bei warmgelaufener Brennkraftmaschine oder nach Erreichen einer vorgebbaren Abgastemperatur werden die Sauerstoffsensoren zur λ -Regelung der Brennkraftmaschine eingesetzt. Hierbei dient der Sauerstoffsensor 22 als Regelsonde, der Sauerstoffsensor 23 als Trimmsonde oder Diagnosesonde. Mit Hilfe des Sauerstoffsensors 22 wird eine λ -Regelschwingung bestimmter Amplitude und Frequenz aufgeprägt, mit welcher die Verbrennungen in der Brennkraftmaschine stattfinden. Die Vorgehensweise ist dabei dem Fachmann geläufig und bedarf hier keiner weiteren Erörterung. Die eingangsseitig des Katalysators 21 vorhandenen λ -Schwingungen der Abgaszusammensetzung werden jedoch beim Durchgang durch den Katalysator auf Grund seiner Sauerstoffspeicherfähigkeit zunehmend geglättet. Ergebnis ist eine Amplitudenabnahme der λ -Schwingung längs des Katalysators. Bei hoher Sauerstoffspeicherfähigkeit ist beispielsweise ausgangseitig des Katalysators 21 keine λ -Schwingung mehr nachweisbar. Der λ -Wert hat sich in diesem Fall auf den konstanten Mittelwert der vor dem Katalysator 21 vorhandenen λ -Schwingung

eingependelt. Die Amplitude der nachweisbaren λ -Schwingung nach Durchlaufen des Abgases durch einen Teilabschnitt oder den gesamten Katalysator 21 ist daher ein Maß für die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysatorteilabschnitts oder des gesamten Katalysators 21. Im chemischen Gleichgewicht geht der λ -Wert jedoch direkt aus dem Sauerstoffpartialdruck hervor. Daher kann über die Messung des Sauerstoffpartialdruckes mit dem Sauerstoffsensor 23 der λ -Wert am Einbauort und damit auch die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators 21 ermittelt werden. Zur Präzisierung soll erwähnt werden, dass die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators 21 insbesondere dann ermittelt werden kann, wenn eine nachweisbare Amplitude der λ -Schwingung vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, so kann im allgemeinen nur festgestellt werden, dass die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators 21 einen bestimmten Wert nicht unterschritten hat. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass der Katalysator 21 keine Alterung hinsichtlich seiner Sauerstoffspeicherfähigkeit erfahren hat.

20

Wird vom Sauerstoffsensor 23 ausgangsseitig des Katalysators 21 eine mehr oder weniger großen Amplitude der λ -Schwingung festgestellt, so bedeutet dies, dass eine mehr oder weniger starke Katalysatoralterung eingetreten ist. Auf die geschilderte Weise kann daher über die Messung der Sauerstoffspeicherfähigkeit die Katalysatoralterung ermittelt werden. Dieser Betriebsmodus des Sauerstoffsensors 23 wird nach erfolgtem Warmlauf der Brennkraftmaschine oder nachdem das Anspringen des Katalysators 21 festgestellt wurde, eingestellt. Dazu muss der Sauerstoffsensor 23 durch Bestromung der Heizleiterstruktur 6 auf Betriebstemperatur beheizt werden. Damit steht er zur Messung des Sauerstoffpartialdruckes zur Verfügung. Eine Temperaturermittlung über den Sauerstoffsensor 23 ist nun nicht mehr erwünscht.

35

Fig. 3 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Die Bezeichnung von im

wesentlichen wirkungsgleichen Bauteilen entspricht dabei hier und in den folgenden Figuren der in Fig. 2. Im Unterschied zur Anordnung gemäß Fig. 2 ist hier zusätzlich ein Temperaturfühler 24 eingangsseitig des Katalysators 21 in der Abgasleitung vorgesehen. Der Temperaturfühler 24 ist ebenfalls über eine Steuerleitung 26 an das Steuergerät 25 angeschlossen.

Analog zur Vorgehensweise entsprechend der Anordnung nach Fig. 2 wird durch Vergleich von der mittels des Sauerstoffsensors 23 ermittelten ersten Abgastemperatur mit der modellierten zweiten Abgastemperatur der Alterungszustand des Katalysators hinsichtlich seiner Anspringtemperatur bewertet. Das Anspringen des Katalysators 21 kann auch durch Differenzbildung aus der mittels des Sauerstoffsensors 23 ermittelten ersten Abgastemperatur und der mittels des Temperaturfühlers 24 gemessenen Abgastemperatur direkt beobachtet werden. Tritt eine Temperaturdifferenz nicht in dem Maße, und/oder später ein, als von einem ungealterten Katalysator 21 zu erwarten ist, so wird eine alterungsbedingt verschlechterte Katalysatorwirkung konstatiert und entsprechend bewertet. Die Ermittlung einer Alterung des Katalysators 21 im Hinblick auf seine Sauerstoffspeicherkapazität ist natürlich wie bei der in Fig. 2 dargestellten Anordnung gleichfalls möglich und wird nach erfolgtem Warmlauf der Brennkraftmaschine oder nach Erreichen einer vorgebbaren Abgastemperatur wie beschrieben durchgeführt. Gleiches gilt für die λ -Regelung des Brennkraftmaschinenbetriebs. Mit diesem Temperaturfühler 24 kann die Abgastemperatur vor dem Katalysator 21 genauer als durch eine Modellierung ermittelt werden. Somit führt die Modellierung der Abgastemperatur ausgangseitig des Katalysators zu einem genaueren und zuverlässigeren Ergebnis.

Fig. 4 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Im Unterschied zur Fig. 3 ist der Temperaturfühler 24 bzw. dessen temperatursensitiver Teil

im Katalysator 21 angeordnet. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Katalysatoralterung entspricht weitestgehend der Vorgehensweise, welche im Zusammenhang mit der Anordnung nach Fig. 3 erörtert wurde. Die Anordnung nach Fig. 4 gestattet es darüber hinaus speziell den stromab des Temperatursensors 24 liegenden Katalysatorteil zu bewerten. In diesem hinteren Katalysatorteil auftretende exotherme Reaktionen können mit dieser Anordnung durch Temperaturdifferenzmessung festgestellt werden. Werden diese festgestellt, so deutet das auf eine Katalysatoralterung hin, da bei einem ungealterten Katalysator die Reaktionen hauptsächlich im vorderen Bereich ablaufen. Allerdings tritt eine Katalysatoralterung wegen der thermischen Belastung auch früher im vorderen Bereich des Katalysators 21 auf. Mit der Anordnung der Fig. 4 kann daher eine Katalysatoralterung bezüglich der Anspringtemperatur zuverlässig erkannt werden. Die Ermittlung einer Alterung des Katalysators 21 im Hinblick auf seine Sauerstoffspeicherfähigkeit und eine λ -Regelung des Brennkraftmaschinenbetriebs wird wie oben beschrieben gleichfalls vorgenommen.

Fig. 5 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Im Unterschied zu der in Fig. 2 dargestellten Anordnung ist hier der Sauerstoffsensor 23, bzw. dessen temperatursensitiver Bereich im Katalysator 21 angeordnet. Die Ermittlung der Katalysatoralterung erfolgt analog wie bei der in Fig. 2 dargestellten Anordnung. Mit der Temperaturermittlung im Katalysator 21 kann jedoch die Wirksamkeit des vorderen Katalysatorteils stromauf des Sauerstoffsensors 23 genauer bewertet werden. Da Alterungserscheinungen bevorzugt im vorderen Bereich des Katalysators 21 auftreten, kann daher eine Katalysatoralterung bezüglich der Anspringtemperatur zuverlässig erkannt werden. Gleiches gilt für die Ermittlung der Alterung des Katalysators 21 hinsichtlich seiner Sauerstoffspeicherfähigkeit, welche wie bereits erläutert durchgeführt wird. Da auf Grund der Anordnung des Sauerstoffsensors 23 im Katalysator 21 nur der

stromauf des Sensors 23 liegende Katalysatorteil erfasst wird, treten hier aufgeprägte λ -Schwingungen stärker in Erscheinung und die Ermittlung der Alterung des Katalysators 21 im Hinblick auf seine Sauerstoffspeicherfähigkeit ist
5 empfindlicher und genauer.

Fig. 6 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Im Unterschied zur Fig. 5 ist hier zusätzlich ein Temperaturfühler 24 eingangsseitig des
10 Katalysators 21 in der Abgasleitung angeordnet. Mit diesem Temperaturfühler 24 kann die Abgastemperatur vor dem Katalysator 21 genauer als durch eine Modellierung ermittelt werden. Dies führt zu einem zuverlässigeren Ergebnis bei der Ermittlung des Alterungszustand des Katalysators 21
15 entsprechend der Vorgehensweise bei der in Fig. 5 dargestellten Anordnung. Mit der in Fig. 6 gezeigten Anordnung kann eine durch Reaktionen im vorderen Katalysatorteil verursachte Erhöhung der Abgastemperatur durch Differenzmessung direkt ermittelt werden. Dies gestattet eine zuverlässige
20 Bewertung des Alterungszustands des Katalysators 21. Die Ermittlung der Alterung des Katalysators 21 im Hinblick auf seine Sauerstoffspeicherfähigkeit erfolgt wie in der in Fig. 5 dargestellten Anordnung.

Fig. 7 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Im Unterschied zu der in Fig. 6 dargestellten Anordnung ist hier der Temperaturfühler 24 im Katalysator 21 stromauf des Sauerstoffsensors 23 angeordnet. Mit dieser Anordnung kann über eine Temperaturdifferenz-
30 messung ein Katalysatorteilbereich, vorzugsweise in der vorderen Hälfte des Katalysators 21 überwacht werden. Die Katalysatoralterung hinsichtlich der Anspringtemperatur des Katalysators 21 bezieht sich dann hauptsächlich auf diesen Katalysatorteilbereich. Die Ermittlung der Alterung des
35 Katalysators 21 im Hinblick auf seine Sauerstoffspeicherfähigkeit erfolgt wie in den in den Fig. 5 und 6 dargestellten Anordnungen.

Fig. 8 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Im Unterschied zu der in Fig. 7 dargestellten Anordnung ist hier der Temperaturfühler 24 ausgangsseitig des Katalysators 21 und stromab des Sauerstoffsensors 23 in der Abgasleitung angeordnet. Es kann einerseits eine Temperaturdifferenzmessung mit Hilfe des Sauerstoffsensors 23 und des Temperaturfühlers 24 durchgeführt werden. Dabei wird das stromab des Sauerstoffsensors 23 liegende Katalysatorteil hinsichtlich seiner katalytischen Aktivität bewertet. Andererseits kann von einer eingangsseitig des Katalysators 21 vorhandenen Abgastemperatur ausgegangen werden, welche wie bereits erläutert durch Modellierung erhalten wird. In diesem Fall wird durch die Temperaturdifferenzermittlung der gesamte Katalysator 21 integral hinsichtlich seiner katalytischen Aktivität und seiner Alterung bewertet. Die Vorgehensweise entspricht prinzipiell derjenigen bei der in Fig. 4 dargestellten Anordnung. Hinsichtlich der Katalysatoralterung in Bezug auf die Sauerstoffspeicherfähigkeit gilt das für die Anordnung der Fig. 7 gesagte.

Fig. 9 zeigt eine weitere vorteilhafte Anordnung zur Verwirklichung der Erfindung. Der Temperaturfühler 24 ist hier ebenfalls stromab des Sauerstoffsensors 23 angeordnet, ist jedoch im Unterschied zur in Fig. 8 dargestellten Ausführung im hinteren Bereich des Katalysators 21 angebracht. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Katalysatoralterung entspricht weitgehend derjenigen bei der Anordnung der Fig. 8. Durch die Anordnung des Temperaturfühlers 24 im Katalysator wird jedoch nur die Exothermie eines stromauf liegenden Katalysatorvolumens erfasst. Die Ermittlung der Alterung des Katalysators im Hinblick auf seine Sauerstoffspeicherfähigkeit erfolgt wie bei den in den Fig. 5 bis 8 dargestellten Anordnungen.

35

Eine weitere Verbesserung bei der Ermittlung der Katalysatoralterung im Hinblick auf die Anspringtemperatur wird

erreicht, indem ein analog zum Sauerstoffsensor 23 aufgebauter Sauerstoffsensor 22 eingesetzt wird. Dieser wird dann ebenfalls zur Temperaturermittlung während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine eingesetzt. Zusammen mit einem
5 zwischen den Sauerstoffsensoren 22, 23 angeordneten Temperaturfühler 24 stehen dann drei an verschiedenen Stellen ermittelte Temperaturen zur Verfügung. Die Stellen können mit Blick auf eine möglichst genaue Information geeignet gewählt werden, wobei aus Gründen der λ -Regelung der Sauerstoffsensor
10 22 stromauf des Katalysators 21 angeordnet ist. Der Sauerstoffsensor 23 und der Temperaturfühler 24 können sowohl im Katalysator 21 als auch ausgangsseitig des Katalysators 21 in der Abgasleitung angeordnet sein. Dies erlaubt eine genaue Ortsauflösung bei der Ermittlung der Aktivität des
15 Katalysators 21 und damit eine genaue und zuverlässige Ermittlung seines Alterungszustandes. Es kann jedoch gegebenenfalls auch auf den Temperaturfühler 24 verzichtet werden.

20 Wie dargelegt, kann durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren der Alterungszustand eines Katalysators sowohl hinsichtlich seiner Anspringtemperatur als auch hinsichtlich seiner Sauerstoffspeicherfähigkeit ermittelt und überwacht werden. Da zwei verschiedene
25 Eigenschaften des Katalysators erfasst werden, welche unterschiedlichen Alterungseinflüssen unterliegen, wird dadurch eine umfassende und zuverlässige Bewertung der Katalysatoralterung möglich. Die Alterung hinsichtlich der Anspringtemperatur kann getrennt von der Sauerstoffspeicherfähigkeit
30 bewertet werden. Beispielsweise kann für beide Eigenschaften die Aktivierung eines Warnsignals vorgesehen werden. Vorteilhaft ist die Einführung jeweils eines Alterungskennwertes, beispielsweise in Relation zu einer maximal zulässigen Alterung. Die beiden getrennt ermittelten
35 Kennwerte können jedoch auch zu einem gemeinsamen Alterungskennwert zusammengeführt werden und bei Überschreiten einer festlegbaren Alterung ein Signal ausgegeben werden.

DaimlerChrysler AG

Boegner

14.10.2002

Patentansprüche

- 5 1. Vorrichtung zur Ermittlung des Alterungszustands eines in
einer Abgasleitung einer Brennkraftmaschine angeordneten
Abgaskatalysators (21), mit einem in der Abgasleitung
angeordneten und dem Abgaskatalysator (21) zugeordneten
Sauerstoffsensor (23), wobei der Sauerstoffsensor (23)
10 einen sauerstoffsensitiven Bereich (2) zur Messung eines
Sauerstoffpartialdrucks im Abgas aufweist und an ein
elektronisches Steuergerät (25) angeschlossen ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Sauerstoffsensor (23) einen temperatursensitiven
15 (2; 6) Bereich aufweist und vom Steuergerät (25) derart
ansteuerbar ist, dass eine Temperaturmessung und
alternativ hierzu die Sauerstoffpartialdruckmessung
durchführbar ist.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der temperatursensitive Bereich des Sauerstoff-
sensors (23) durch dessen sauerstoffsensitiven (2) Bereich
gebildet ist und insbesondere als Feststoffelektrolyt
25 ausgebildet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der temperatursensitive Bereich des Sauerstoff-
30 sensors (23) als Heizleiterstruktur (6) ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Temperaturfühler (24) in der Abgasleitung
vorgesehen ist und der Temperaturfühler (24) und der
5 Sauerstoffsensor (23) in der Abgasleitung derart
angeordnet sind, dass sich zwischen dem Sauerstoffsensor
(23) und dem Temperaturfühler (24) wenigstens ein
Teilbereich des Abgaskatalysators (21) befindet.
- 10 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Sauerstoffsensor (23) in dem Abgaskatalysator
(21) oder stromab des Abgaskatalysators in der Abgas-
leitung angeordnet ist, und stromauf des Abgaskatalysators
15 (21) ein zweiter Sauerstoffsensor (22) in der Abgasleitung
angeordnet ist.
6. Verfahren zur Ermittlung des Alterungszustands eines in
einer Abgasleitung einer Brennkraftmaschine angeordneten
20 Abgaskatalysators (21), wobei mit einem dem
Abgaskatalysator (21) zugeordneten Sauerstoffsensor (23)
ein Sauerstoffpartialdruck des Abgases ermittelt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass bei einem Warmlauf der Brennkraftmaschine
25 eine elektrische Leitfähigkeit einer Leiterstruktur (2; 6)
des Sauerstoffsensors (23) gemessen wird, daraus eine
erste Abgastemperatur ermittelt wird und die erste
Abgastemperatur mit einer zweiten Abgastemperatur
verglichen wird.
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Ermittlung der ersten Abgastemperatur die
elektrische Leitfähigkeit eines zur Ermittlung des
35 Sauerstoffpartialdrucks eingesetzten Feststoffelektrolyten
(2) des Sauerstoffsensors (23) gemessen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Ermittlung der ersten Abgastemperatur die
5 elektrische Leitfähigkeit einer Heizleiterstruktur (6) des
Sauerstoffsensors (23) gemessen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
10 dass die zweite Abgastemperatur mit einem in der
Abgasleitung angeordneten Temperaturfühler (24) gemessen
wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die zweite Abgastemperatur mit einem zweiten
Sauerstoffsensor (22) gemessen wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die zweite Abgastemperatur durch eine Modellierung
ermittelt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass aus dem Vergleich von erster Abgastemperatur und
zweiter Abgastemperatur eine Anspringtemperatur des
Katalysators (21) ermittelt wird, und aus der Messung des
Sauerstoffpartialdrucks eine Sauerstoffspeicherfähigkeit
30 des Katalysators (21) ermittelt wird und aus der
Anspringtemperatur und der Sauerstoffspeicherfähigkeit der
Alterungszustand des Katalysators (21) ermittelt wird.

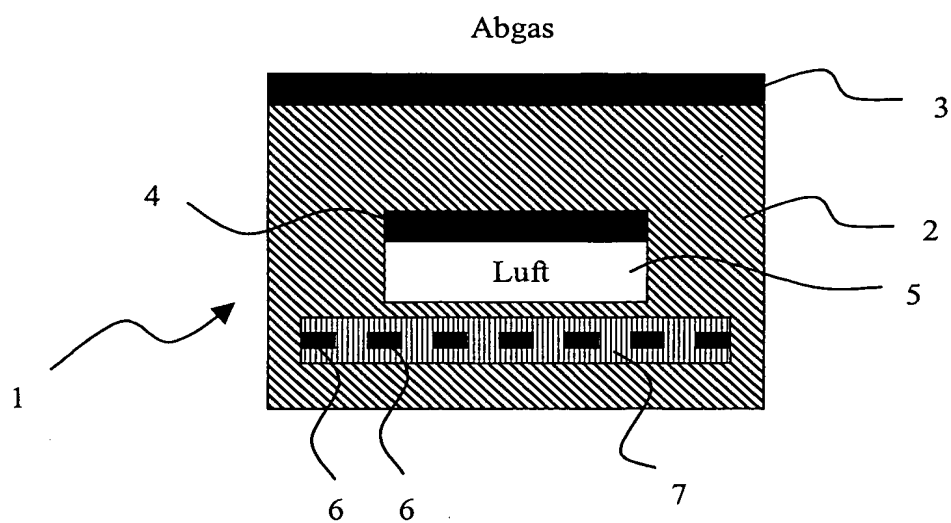


Fig. 1

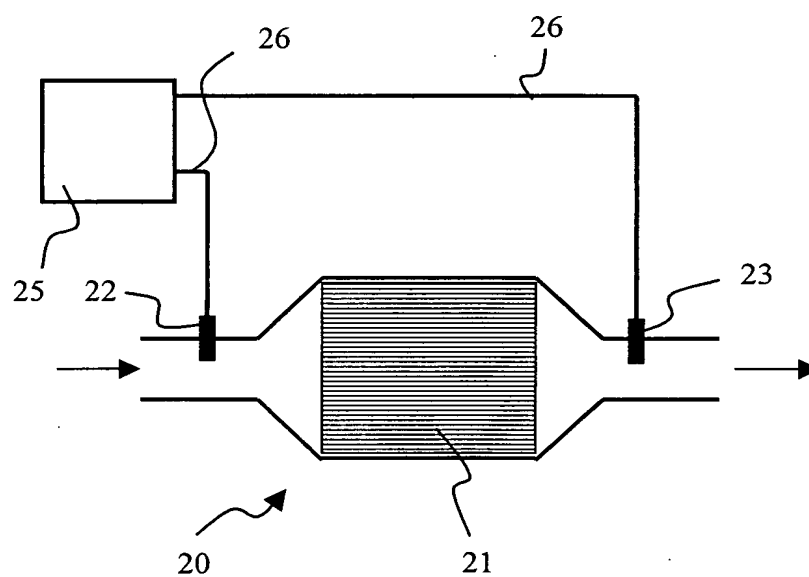


Fig. 2

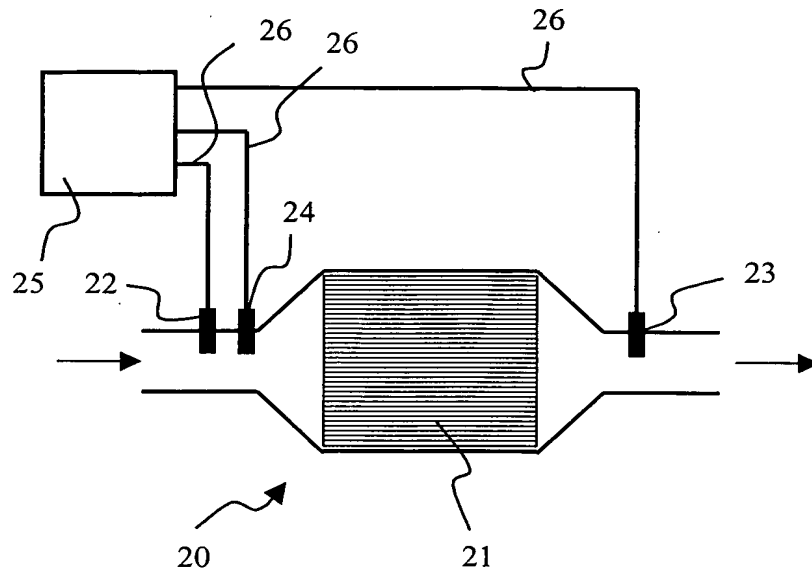


Fig. 3

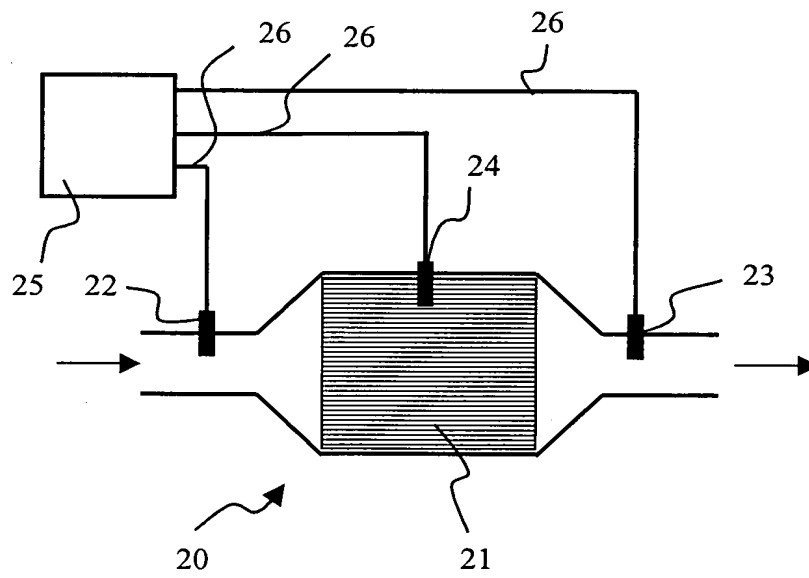


Fig. 4

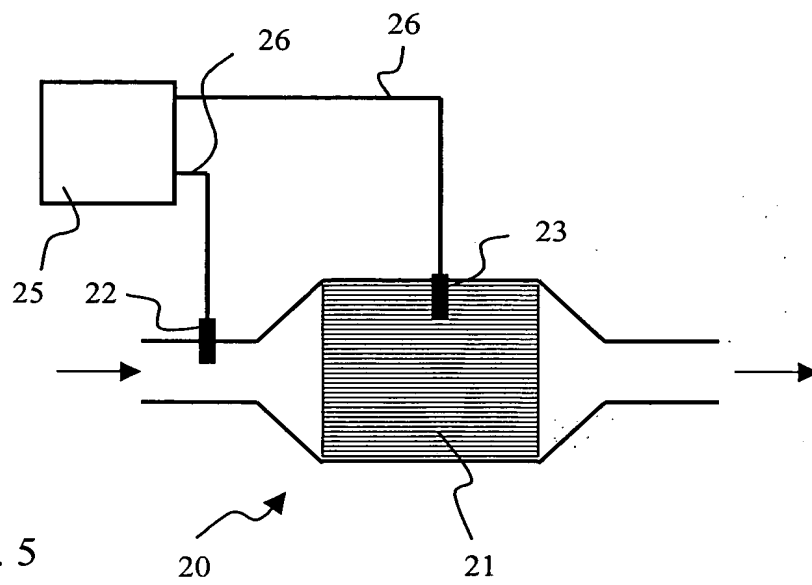


Fig. 5

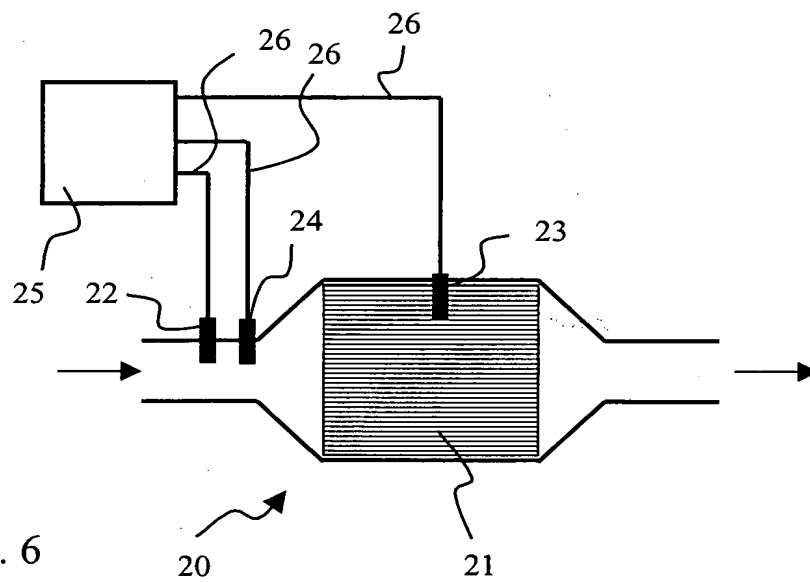


Fig. 6

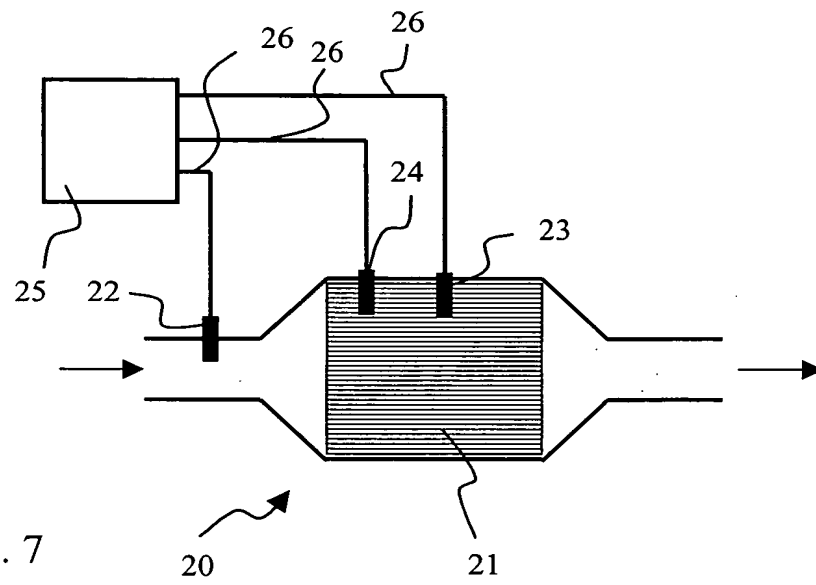


Fig. 7

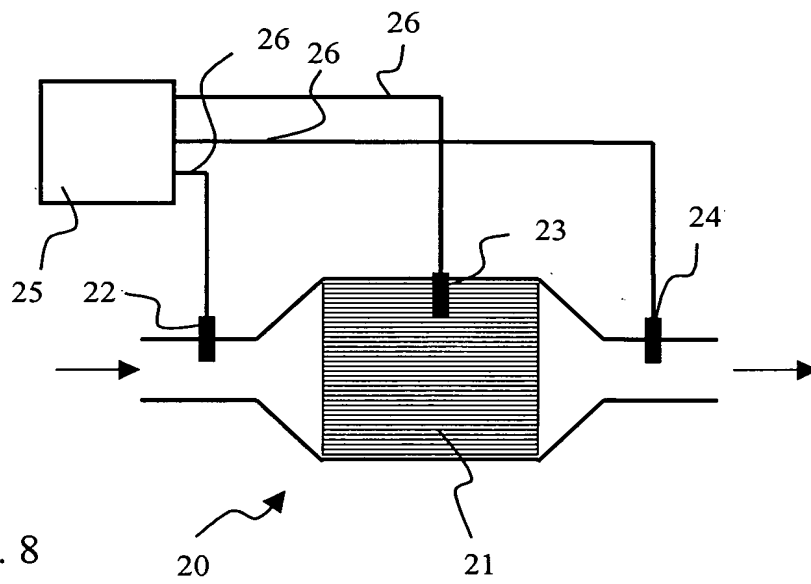
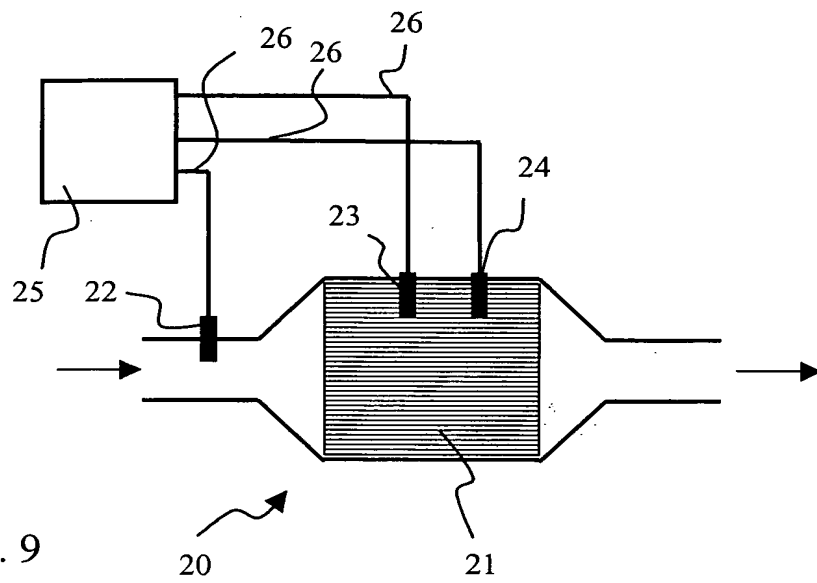


Fig. 8



5

DaimlerChrysler AG

Boegner

14.10.2002

5

Zusammenfassung

- 10 1. Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des
Alterungszustands eines Abgaskatalysators.
- 2.1. Es wird eine Vorrichtung zur Bestimmung des Alterungs-
zustands eines Abgaskatalysators mit einem zugeordneten
15 Sauerstoffsensor (1) sowie ein Betriebsverfahren hierfür
vorgeschlagen, wobei der Sauerstoffsensor einen
sauerstoffsensitiven Bereich (2) aufweist.
- 2.2. Erfindungsgemäß weist der Sauerstoffsensor (1) einen
20 temperatursensitiven Bereich (2; 6) auf und ist derart
ansteuerbar, dass eine Temperaturmessung und alternativ
hierzu eine Sauerstoffpartialdruckmessung durchführbar
ist; für das Verfahren ist vorgesehen, dass eine
elektrische Leitfähigkeit einer Leiterstruktur (2; 6)
25 des Sauerstoffsensors (1) ermittelt und daraus eine
Abgastemperatur wird.
- 2.3. Anwendung insbesondere in Kraftfahrzeugen mit
Verbrennungsmotor mit Drei-Wege-Katalysator und λ -
30 geregelter Gemischzufuhr.
3. Fig. 1

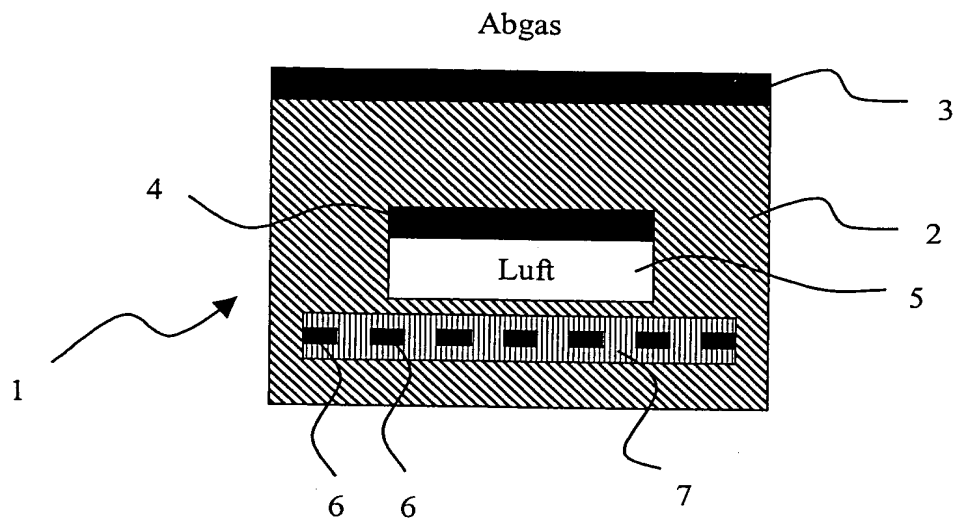


Fig. 1